

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Kerangka Tektonik

Sejarah tektonik Cekungan Jawa Timur Utara tidak dapat dipisahkan dari sejarah tektonik Pulau Jawa dan sekitarnya, serta tektonik wilayah Asia Tenggara. Tektonik wilayah Asia Tenggara dikontrol oleh interaksi empat lempeng utama, yaitu Lempeng Indo-Australia dibagian Selatan, Lempeng Filipina dan Lempeng Pasifik di bagian Timur, serta Lempeng Eurasia di bagian Utaranya.



Gambar 1. Peta daerah Cekungan Jawa Timur Utara (ESDM op.cit, Sirait 2007)

Cekungan Jawa Timur Utara merupakan bagian dari cekungan busur belakang yang berada di pinggir (tepi) Tenggara Lempeng Eurasia. Cekungan ini

berada pada posisi sebagai cekungan busur belakang (*back arc basin*) sejak *Paleogen*.

Berdasarkan kedudukan tektonik saat sekarang, Cekungan Jawa Timur Utara merupakan salah satu dari cekungan-cekungan busur belakang (*back arc basin*) tersier di tepian Tenggara dari Kraton Sunda atau *Sunda Land*. Cekungan ini ke arah Utara dibatasi oleh Lengkung Karimunjawa (*Karimun Java Arch*), ke Utara oleh tinggian Meratus (*Meratus high*), ke arah Timur oleh Tinggian Masalembodang, ke arah Selatan oleh jalur Pegunungan Selatan (Gambar 1).

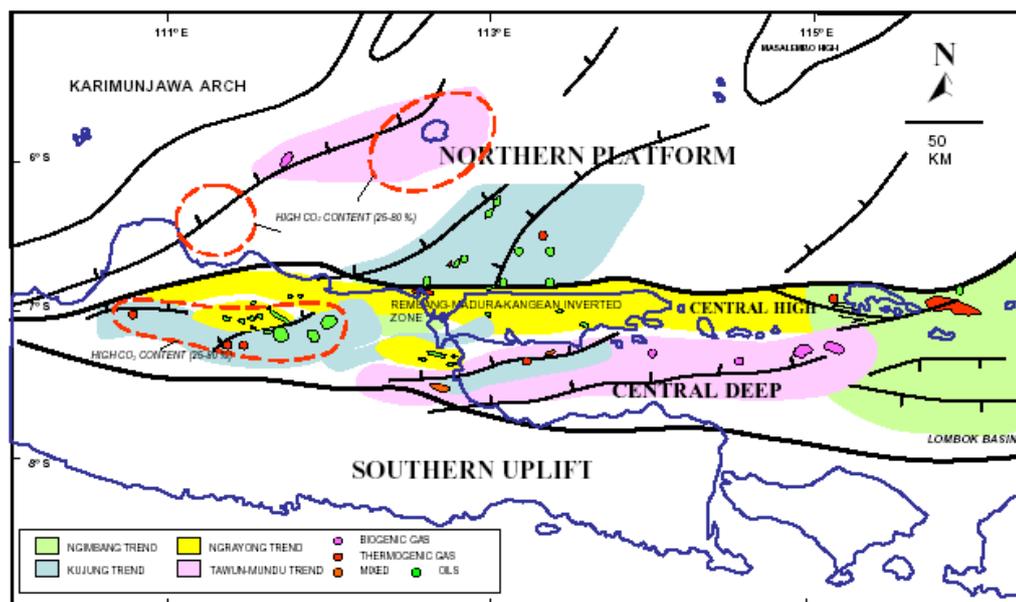
11.2. Tatanan Struktur

Cekungan Jawa Timur dipisahkan menjadi tiga mandala struktur (*structural provinces*) (Satyana, 2005) dari Utara ke Selatan (Gambar 2) , yaitu:

1. Paparan Utara yang terdiri dari Busur Bawean, Paparan Madura Utara dan Paparan Kangean Utara.
2. Bagian tengah yaitu Tinggian Sentral yang terdiri dari Jawa Utara Laut (Kujung) – Madura – Kangean – Tinggian Lombok.
3. Bagian Selatan dikenal sebagai Cekungan Selatan yang terdiri dari Zona Rembang – Selat Madura – Sub-Cekungan Lombok.

Konfigurasi *basement* Cekungan Jawa Timur dikontrol oleh dua *trend* struktur utama, yaitu *trend* NE – SW yang umumnya hanya dijumpai di mandala Paparan Utara dan *trend* W – E yang terdapat di Mandala Tinggian Sentral dan Cekungan Selatan. Akibat tumbukan lempeng selama Tersier Awal, Cekungan Jawa Timur terangkat dan mengalami erosi. Deretan perbukitan berarah NE – SW terbentuk di

sepanjang tepi Tenggara Paparan Sunda akibat pemekaran busur belakang. Dari Utara ke Timur, kenampakan struktur utama dalam wilayah tarikan ini adalah Busur Karimunjawa, Palung Muria, Busur Bawean, dan Tinggian Tuban-Madura Utara. Pengangkatan pada waktu Oligosen Awal menghentikan proses-proses pengendapan dan menyebabkan erosi yang luas. Periode selanjutnya adalah periode tektonik tenang dan akumulasi endapan karbonat hingga Miosen Awal. Periode terakhir adalah periode tektonik kompresi mulai dari Miosen Akhir hingga sekarang. Sesar-sesar normal yang membentuk *horst* dan *graben* teraktifkan kembali sehingga menghasilkan struktur-struktur terbalik (*inverted relief*) (Hamilton, 1979).



Gambar 2. Tiga provinsi struktur utama Cekungan Jawa Timur. *Northern Platform*, *Central High*, dan *Southern Basin* (Satyana dan Purwaningsih, 2003).

Bagian Utara Cekungan Jawa Timur terdiri dari struktur tinggian dan rendahan dengan *trend* NE – SW, terlihat pada konfigurasi alasnya seperti Busur Karimunjawa, Palung Muria, Busur Bawean, Palung Tuban-Camar, Bukit JS-1,

Depresi Masalembu- Doang, dan Paparan Madura Utara. Ke arah Selatan, Paparan Jawa NE, Zona Rembang Madura Kendeng, Zona Madura Selatan, dan Zona Depresi Solo.

Bagian tengah Cekungan Jawa Timur didominasi oleh pola struktur berarah Utara- Timur seperti yang berkembang di Paparan Madura Utara, Tinggian Madura, dan Sub Cekungan Selat Madura. Ke Timur, pola Utara – Timur lebih berkembang, diperlihatkan oleh Sub-Cekungan Sakala, Kangean, Sub-Cekungan Lombok. Umumnya, mandala Paparan Utara, merupakan sisa struktur yang berkembang pada zaman Kapur (sutura Meratus). Selama Eosen hingga Miosen daerah ini berubah menjadi tempat perkembangan terumbu. Pada zaman Tersier Akhir daerah ini menjadi lingkungan yang baik bagi perkembangan fasies karbonat paparan.

1. Mandala Tinggian Sentral merupakan daerah terangkat hasil penyesaran ekstensional Eosen – Oligosen Akhir dan pembalikan struktur Miosen - Resen. Tinggian Sentral berbentuk kemenerusan Tinggian Kujung dan Tinggian Madura-Kangean ke arah Timur. Di Utara, Tinggian Sentral dibatasi oleh sesar-sesar Sepanjang dan Sakala, dan di Selatan oleh Tinggian Madura-Kangean-Sepanjang. Mandala, tegasan tensional Eosen Akhir menyebabkan penurunan regional di daerah ini. Bagian tingginya menjadi tempat perkembangan fasies reefal.
2. Mandala Cekungan Selatan terbentuk oleh sesar ekstensional Eosen – Oligosen Akhir yang dilanjutkan oleh periode struktur terbalik produk kompresi Miosen Awal – Resen. Zona Rembang yang menerus sampai lepas pantai sebagai sesar mendatar (wrench fault) berasosiasi dengan

pengangkatan Kujung, Madura, Kangean, dan Sepanjang ke arah Utara. Pembalikan struktur mengangkat bagian Utara, sedangkan bagian Selatan tetap pada lingkungan batial dalam.

II.3. Stratigrafi Regional

Rincian stratigrafi Cekungan Jawa Timur bagian Utara dari Zona Rembang yang disusun oleh Harsono Pringgoprawiro (1983) terbagi menjadi 15 (lima belas) satuan yaitu Batuan Pra – Tersier, Formasi Ngimbang, Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban, Formasi Tawun, Formasi Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo, Formasi Ledok, Formasi Mundu, Formasi Selorejo, Formasi Paciran, Formasi Lidah dan Undak Solo. Pembahasan masing – masing satuan dari tua ke muda adalah sebagai berikut:

1. Formasi Tawun

Formasi Tawun mempunyai kedudukan selaras di atas Formasi Tuban, dengan batas Formasi Tawun yang dicirikan oleh batuan lunak (batulempung dan napal). Bagian bawah dari Formasi Tawun, terdiri dari batulempung, batugamping pasiran, batupasir dan lignit, sedangkan pada bagian atasnya (Anggota Ngrayong) terdiri dari batupasir yang kaya akan moluska, lignit dan makin ke atas dijumpai pasir kuarsa yang mengandung mika dan oksida besi.

Penamaan Formasi Tawun diambil dari desa Tawun, yang dipakai pertama kali oleh Brouwer (1957). Formasi Tawun memiliki penyebaran luas di Mandala Rembang Utara, dari lokasi tipe hingga ke Timur sampai Tuban dan Rengel, sedangkan ke Utara satuan batuan masih dapat ditemukan di Selatan Pati.

Lingkungan pengendapan Formasi Tawun adalah paparan dangkal yang terlindung, tidak terlalu jauh dari pantai dengan kedalaman 0 – 50 meter di daerah tropis. Formasi Tawun merupakan reservoir minyak utama pada Zona Rembang. Berdasarkan kandungan fosil yang ada, Formasi Tawun diperkirakan berumur Miosen Awal bagian Atas sampai Miosen Tengah.

2. Formasi Ngrayong

Formasi Ngrayong mempunyai kedudukan selaras di atas Formasi Tawun. Formasi Ngrayong disusun oleh batupasir kwarsa dengan perselingan batulempung, lanau, lignit, dan batugamping bioklastik. Pada batupasir kwarsanya kadang-kadang mengandung cangkang moluska laut. Lingkungan pengendapan Formasi Ngrayong di daerah dangkal dekat pantai yang makin ke atas lingkungannya menjadi littoral, lagoon, hingga sublittoral pinggir. Tebal dari Formasi Tawun mencapai 90 meter. Karena terdiri dari pasir kwarsa maka Formasi Tawun merupakan batuan reservoir minyak yang berpotensi pada cekungan Jawa Timur bagian Utara. Berdasarkan kandungan fosil yang ada, Formasi Ngrayong diperkirakan berumur Miosen Tengah.

3. Formasi Bulu

Formasi Bulu secara selaras berada di atas Formasi Ngrayong. Formasi Bulu semula dikenal dengan nama 'Platen Complex' dengan posisi stratigrafi terletak selaras di atas Formasi Tawun dan Formasi Ngrayong. Ciri litologi dari Formasi Bulu terdiri dari perselingan antara batugamping dengan kalkarenit, kadang-kadang dijumpai adanya sisipan batulempung. Tebal dari formasi ini mencapai 248 meter. Formasi Bulu diperkirakan berumur Miosen Tengah bagian atas.

4. Formasi Wonocolo

Lokasi tipe Formasi Wonocolo tidak dinyatakan oleh Trooster, 1937, kemungkinan berasal dari desa Wonocolo, 20 km Timur Laut Cepu. Formasi Wonocolo diendapkan pada kondisi laut terbuka dengan kedalaman antara 100 – 500 meter. Tebal dari formasi ini antara 89 meter sampai 339 meter. Formasi Wonocolo diperkirakan berumur Miosen Akhir bagian bawah sampai Miosen Akhir bagian tengah.

II.4. Sistem Petroleum

Faktor utama sistem petroleum adalah batuan induk, lapisan reservoir pembawa (*carrier beds*), jalur migrasi, dan mekanisme pemerangkapan. Faktor-faktor tersebut harus ada dan bekerja secara sinergis dalam ruang dan waktu untuk mengakumulasikan hidrokarbon.

Di Cekungan Jawa Timur terdapat beberapa dalaman dan tinggian yang membentuk suatu sistem *horst – graben*, dan pada tinggian-tinggian tersebut yang akhirnya terumbu Rancak tumbuh setempat membentuk *reservoir* berumur Miosen Awal.

Berdasarkan perbandingan kasus Reservoir Lapangan Mudi di Desa Rahayu, Kecamatan Soko, Tuban yang juga berada di cekungan Jawa Timur memperlihatkan suatu *Carbonate Bank* relief rendah yang disusun secara dominan oleh *red algae* dan foraminifera yang berumur Miosen Awal. Litologi umumnya disusun oleh *clean wackestones* sampai dengan *packstones* dengan sedikit kandungan rudstones dan perkembangan grainstone. Sedangkan sebagai batuan

penyekatnya secara *onlapping* dan *overlying* adalah batuan serpih Formasi Tuban dan Ngrayong. Sebagai *carbonate build-up*, penyebaran porositas *reservoir* sangat heterogen baik secara lateral maupun vertikal. Porositas sekunder terutama dibentuk oleh tahap akhir disolusi dari semen dan butiran yang membentuk rongga-rongga (*vugs*) dan beberapa rekahan akibat pelarutan atau *caverns*.

Dua potensi batuan induk yang dikenali di Cekungan Jawa Timur adalah Ngimbang Bawah (*Lower Ngimbang*) dan Serpih Tawun (*Tawun Shales*). Potensi batuan *reservoir* telah teramati pada beberapa interval seperti antara lain Batupasir Ngimbang bagian Bawah, Karbonat Ngimbang bagian Atas, Karbonat Formasi Kujung, Tawun, Ngrayong, Kawengan dan Lidah. Formasi-formasi tersebut secara umum juga memiliki potensi sebagai batuan penutup (*seal*) karena memiliki interval batulempung/batuserpih yang cukup tebal. Perangkap (*trap*) stratigrafi umumnya berhubungan dengan tubuh batuan karbonat *reefal* berumur Oligosen sampai Miosen, sedangkan perangkap struktur banyak berhubungan dengan inversi di Akhir Tersier. Generasi hidrokarbon telah terjadi dalam 2 (dua) periode yaitu di Akhir Oligosen untuk batuan induk Ngimbang bagian Bawah dan di Miosen Tengah untuk batuan induk Tawun.